Resumen del artículo

Física, química, sociología y metafísica en la experimentación indagatoria: reivindicando a Ørsted en su primer bicentenario

Luis Mauricio Rodríguez-Salazar

En 1812, Hans Christian Ørsted publicó un trabajo en alemán, traducido en 1813 al francés con el título *Recherches sur l'identité des forces chimiques et électriques*; el bicentenario de esta importante publicación es motivo suficiente para reivindicar el trabajo del científico danés. Esta obra será descrita en el presente artículo como una síntesis teórica del trabajo experimental desarrollado por Ørsted tanto en el área de la física, como en el de la química, tuvo como consecuencia el "descubrimiento" del electromagnetismo, en 1820. En la literatura científica y de divulgación se considera que este trabajo, así como el facsímile publicado en latín en 1820, se derivan por un lado de su pensamiento místico-religioso, influido por la obra de Schelling, y por el otro de su pensamiento metafísico-especulativo, en el cual el pensamiento de Kant es patente –paradójicamente, el filósofo de Königsberg calificó de "metafísica" a la teoría newtoniana, la cual permeaba el contexto científico-social de su tiempo.

En el presente trabajo entenderé a la metafísica como la teoría racional de la realidad, y a la especulación, como la posibilidad de extender la razón a los objetos de la experiencia. Sobre esta base intentaré conceptuar la obra de Ørsted como la propia de un científico que sometió a verificación experimental las especulaciones metafísicas de Kant y de Schelling. Con esta propuesta pretenderé romper con la idea de "descubrimiento por accidente", discrepando, a la vez, del "descubrimiento como heurística". Plantearé, así, que Ørsted no descubrió el electromagnetismo, sino que creó la configura-

Palabras clave:
epistemología, electromagnetismo, descubrimiento, metafísica, imaginación.

ción imaginaria consistente en establecer la similitud entre dos fenómenos considerados, hasta entonces, totalmente ajenos.

Keywords:
epistemology, electromagnetism, discovery, metaphysics, imagination.

Abstract

In 1812, Christian Ørsted published a work in German language, translated to French in 1813 with the title *Recherches sur l'identité des forces chimiques et électriques*; the bicentenary of this important publication is enough reason for reappraising the Danish scientist's work, work that, in the present paper, will be posed as an experimental work's theoretic syntheses developed by Ørsted in Physics and in Chemistry; the electromagnetism "discovery", in 1820, was consequence of this syntheses. In academic and in popular scientific literature, it is assumed that Ørsted's 1812 work, as well as its 1820's facsimile published in Latin, are product, in one hand, of the Mystical-Religious thinking of the Danish, influenced by Shelling's works, and, in the other, of his Metaphysical-Speculative one, where Kant's philosophy is clearly present –paradoxically, the philosopher of Königsberg qualified as "metaphysical" the Newtonian theory, theory that permeated the scientific-social context of that times.

In the present work, I'll understand Metaphysics as the rational theory of reality, and Speculation as the possibility of extending reason to empirical objects; over this base, I will regard Ørsted's work as the one developed by a scientist who tried to verify, experimentally, the metaphysical speculations of Kant and Schelling. With this proposal I pretend to break with the idea of "accidental discovery", disagreeing, at the same time, with the "discovery as heuristic" one. I will suggest, then, that Ørsted didn't discover electromagnetism: he created the imaginary configuration that established the resemblance between two phenomena considered, in that days, as something completely cut off.

Luis Mauricio Rodríguez-Salazar
Instituto Politécnico Nacional

Física, química, sociología y metafísica en la experimentación indagatoria: reivindicando a Ørsted en su primer bicentenario

Introducción

La idea de que el descubrimiento de Ørsted se debió a un accidente en una de sus cátedras demostrativas sigue siendo ampliamente difundida, tal y como lo señalan Nerville Frank Robinson, investigador de la Universidad de Oxford, Edwin Kashy, profesor de física de la Universidad Estatal de Michigan y la divulgadora de la ciencia Sharon McGray. En el artículo de la *Encyclopedia Britannica* publicado en coautoría por estos autores, se señala que "Ørsted hizo su descubrimiento [...] poniendo por casualidad un alambre con corriente cerca de una brújula, y se sorprendió de ver que la aguja se movía en ángulo recto al alambre".[1] Robert Stauffer, por su parte, en un artículo publicado en 1953 señala que la descripción del trabajo del danés como un "descubrimiento por accidente" fue iniciada por el editor de la revista alemana *Annalen der Physik*, quien, en la introducción de la traducción al alemán del trabajo en latín de Ørsted, señaló que su descubrimiento se dio por accidente en una de sus cátedras en electricidad y magnetismo. Esta idea ha persistido, no obstante que desde su aparición el propio Ørsted la refutó (refutación continuada por otros aún después de su muerte). Stauffer menciona que Johan Georg Forchhammer, colega de Ørsted y quien, además, le ayudaba en la elaboración de sus manuscritos, señaló que "Ørsted fue un buscador de la conexión entre estas dos grandes fuerzas de la naturaleza, que sus escritos previos eran testigos de eso" y que él, desde su propia experiencia, podía establecer "que el pensamiento de descubrir esa misteriosa conexión constantemente llenaba su mente".[2]

1 Nerville Robinson, Edwin Kashy y Sharon McGray. "Electricity and Magnetism. Historical Survey". *The New Encyclopedia Britannica*. Chicago: Encyclopaedia Britannica, vol. 18, 2002, p. 191.

2 Robert Stauffer. "Persistent Errors Regarding Ørsted ´s Discovery of Electromagnetism". *Isis*. Cambridge, History of Science, vol. 44, núm. 138, 1953, pp. 308-309.

En la metodología de la ciencia, el problema del descubrimiento científico es resuelto con la palabra mágica *heurística*, a pesar de que como señala Sergio Martínez ésta cubre una numerosa familia de conceptos con una amplia variedad de aplicaciones en las ciencias naturales y sociales.[3] Por lo general, dice, no se asume la *perspectiva epistemológica*, la cual considera que las reglas y los criterios metodológicos deben estar subordinados a la estructura algorítmica de la ciencia. Además de la perspectiva epistemológica, se requiere, como señala Sergio Menna, distinguir el sentido lato del término heurística, de su sentido estricto, siendo este último el objeto a considerar por toda metodología de la ciencia.[4] Sin embargo, las posturas epistemológica y metodológica respecto al descubrimiento como heurística tienen fuertes implicaciones ontológicas, ya que parten del supuesto de una realidad dada que el sujeto tiene que "des-cubrir", como si se tratara de seguir un algoritmo para quitar el velo que cubre la realidad.

Otra idea ampliamente difundida –y que en este artículo se considerará como la "visión ingenua de los físicos"– es aquella según la cual el descubrimiento de Ørsted se debió a la influencia del misticismo científico-religioso de la *naturphilosophie*. Para los físicos actuales, los íconos del electromagnetismo son Biot, Ampère y Maxwell; bajo esta visión, Faraday fue sólo un experimentador que no sabía matemáticas, y por su parte su mentor académico Humphry Davy ha caído en el completo olvido. En cambio, en el ámbito de la historia de la ciencia, es más común la propuesta que plantea que el descubrimiento de Ørsted se debió a su trabajo experimental, influido por la *naturphilosophie* y por la filosofía kantiana. Esta versión la sostuvieron Robert Stauffer en 1957[5] y Pearce Williams en 1980.[6] El trasfondo filosófico, según ambos autores, se refleja claramente en el trabajo publicado por el científico danés en 1812.[7]

En su artículo, Stauffer señala que en 1819, Biot aseveró que los principios eléctricos y los principios magnéticos no eran de la misma naturaleza, y que "en 1802 Ampere había anunciado que él podría demostrar que los fenómenos eléctrico y magnético se debían a dos diferentes fluidos, los cuales actuaban independientemente uno del otro".[8] Stauffer considera que

3 Sergio Martínez. "El concepto de heurística: de las explicaciones en las ciencias naturales a la epistemología". Velasco Ambrosio (coord.). *El concepto de heurística en las ciencias y las humanidades*. México: Siglo XXI, 2000, pp. 38-57.

4 Sergio Menna. "Heurísticas y metodología de la ciencia". *Revista Mundo Siglo XXI*, CIECAS-IPN (en evaluación).

5 Robert Stauffer. "Speculation and Experiment in the Background of Ørsted ´s Discovery of Electromagnetism". *Isis*. Cambridge, History of Science, vol. 48, núm. 151, 1957, pp. 33-50.

6 Pearce Williams. *The Origins of Field Theory*. Estados Unidos: University Press of America, 1980.

7 Hans Christian Ørsted. "View of the Chemical Laws of Nature. Obteined Through Recent Discoveries." *Selected Scientific Works of Hans Christian Ørsted*. Nueva Jersey: Princeton University Press, 1998, pp. 310-392.

8 Stauffer, "Speculation and Experiment…", pp. 33-50.

el trabajo de Ørsted estaba vinculado a la física especulativa de Schelling y a la metafísica especulativa de Kant, en tanto propuestas científicas no filosóficas. En este sentido, Stauffer comparte la visión de Williams, quien señala que Kant, sobre la base de su conceptuación científica de la física planteada en la *Crítica de la Razón Pura*, calificó de "metafísicos" a los conceptos newtonianos de espacio y tiempo absolutos.[9]

9 Williams, *op. cit.*

Schelling –como el resto de los románticos, contrarios al racionalismo científico de la Ilustración– opuso su física especulativa a la física mecanicista; Kant, a su vez, lo hizo a partir de su metafísica especulativa, al entender la metafísica como el pensamiento racional puro por meros conceptos, en donde la especulación se refiere a la posibilidad de extenderse desde la razón hacia los objetos de la experiencia. En este artículo, dado que se considera que ambas son propuestas epistemológicas ligadas a sus grandes sistemas filosóficos, se plantea que el trabajo de Ørsted de 1812 es una propuesta teórica que pretende dar a la química el mismo estatus que en ese momento tenía la física, mismo que está descrito en el trabajo publicado por Ørsted en 1811. Dicho de otra manera, era una propuesta teórica para explicar el movimiento al interior de los cuerpos debido a lo que él llamaba las "fuerzas químicas", no desde la mecánica newtoniana.

Bajo este marco general, en este artículo se rompe radicalmente con la idea de descubrimiento como accidente, y se discrepa con la idea de descubrimiento como heurística ya que no se descubrió la existencia del electromagnetismo, como si siempre hubiera existido en la realidad, sólo se contaba con el dato empírico de la relación entre el rayo y la brújula de los navíos durante las tormentas. Misteriosamente, como señalaba Schelling, al unirse la electricidad positiva y la negativa, éstas se convertían en luz y sonido, afectando el magnetismo positivo y negativo de la brújula. Lo que hizo Ørsted fue establecer, experimentalmente, la relación mutua entre ambos fenómenos, lo cual dio origen a una nueva teoría científica. Asimismo, se rompe radicalmente con la visión ingenua de que el descubrimiento de Ørsted se debió a su pensamiento místico-científico derivado de su influencia de la *naturphilosophie*. Esta visión conlleva la conceptuación

ilusa de la metafísica como "más allá de la física", o bien "más allá de la realidad" cuando más bien se refiere a todo aquello que está más allá de la realidad sensible. Tampoco se refiere a la línea de demarcación entre todo aquello que se considera que es científico y lo que no lo es. Se parte, entonces, de la comprensión de la metafísica como la teoría racional de la realidad, en donde la especulación se refiere a la posibilidad de extender los razonamientos metafísicos a los objetos de la experiencia.

En este marco, la metafísica especulativa es una estructuración racional de la realidad que pretende dar cuenta de los objetos, allende la experiencia sensorial. En el caso de la relación entre la electricidad y el magnetismo como fenómenos similares, la dificultad estribaba en que se trataba de la estructuración contrafactual de dos fenómenos que eran considerados por la mayoría como fenómenos diferentes. Paradójicamente, verlos como fenómenos similares era una estructuración racional que iba en contra de los hechos racionales, es decir, de la estructuración teórica de la electricidad y el magnetismo como fenómenos diferentes; sin embargo, era congruente con los datos empíricos reportados por los marinos acerca del cambio de polaridad de las brújulas de sus navíos durante las tormentas, el cual permitía establecer una relación entre ambos fenómenos. El debate surge al entender a la metafísica como teoría racional de la realidad no sensible, pues ello implica el problema ontológico disyuntivo de comprender a la realidad ya sea como algo dado, o bien como la estructuración de la realidad que se pretende extender hacia los objetos de la experiencia para hacerlos inteligibles.

En el primer caso, se trata de descubrir las leyes que rigen al mundo para hacerlo inteligible; mientras que en el segundo se plantea el quehacer científico como una actividad de la mente humana a partir de la cual se "ven" las leyes en la naturaleza. La propuesta en este artículo es que se trata de la configuración imaginaria de la realidad, la cual intenta hacerla materialmente posible. Se plantea, entonces, que Ørsted no descubrió el electromagnetismo, sino que, antes bien, creó la configuración imaginaria a partir de la cual estableció la similitud entre dos fenómenos que llevaban

dos siglos de ser considerados como fenómenos diferentes. Su gran aportación, que al principio causó una gran controversia ya que iba en contra de la teoría newtoniana de la acción a distancia, fue sentar las bases para el posterior desarrollo de la teoría del campo electromagnético, teoría que revolucionó la ciencia y la tecnología desde finales del siglo XIX hasta nuestros días.

En este marco, se considera que la obra de 1812 fue una síntesis teórica de su trabajo experimental sobre las bases químicas de la electricidad galvánica como fenómeno físico, llevadas a cabo entre 1801 y 1810, en el que Ørsted sometió a control experimental la física especulativa de Schelling y la metafísica especulativa de Kant. Esta síntesis teórica guió su trabajo experimental del periodo comprendido entre 1813 y 1820, planteado en este artículo como una indagación exploratoria para establecer la relación entre la electricidad y el magnetismo como fenómenos similares.

A manera de marco contextual: el experimento de Ørsted publicado como facsímil el 21 de julio de 1820

Justo al inicio su mundialmente conocido reporte *Experimenta circa effectum conflictus electrici in acum magneticam*,[10] el cual fue publicado como facsímil el 21 de julio de 1820, Ørsted señala que "una aguja magnética puede ser movida de su posición por medio de un aparato galvánico, pero por un circuito galvánico cerrado, no uno abierto [*idque circulo galvanico cluso, non aperto*],[11] como varios muy célebres físicos trataron en vano hace algunos años".[12] Los "célebres físicos" a los que se refiere Ørsted estaban inmersos en la disputa acerca de la semejanza y la disparidad entre la electricidad y el magnetismo –y la mayoría de ellos, claro, se inclinaban en favor de la disparidad–. Esta disputa la destacó Ørsted en su relato histórico publicado en 1830, el cual considero que es un trabajo de historia de la ciencia realizado por un científico respecto del estado del arte de su propio descubrimiento.

10 Hans Christian Ørsted. "Experimenta Circa Effectum Conflictus Electrici in Acum. Magneticam". Apéndice 1 (http://www.ampere.cnrs.fr/ice/ice_page_detail.php?lang=fr&type=img&bdd=ampere&table=ampere_text&bookId=63&typeofbookDes=Textessci&pageOrder=4&facsimile=on&search=no Facsímile), 5 de agosto del 2008, pp. 1-4 (1820a).

11 *Ibid.*, p. 1.

12 Hans Christian Ørsted. "Experiments on the Effect of the Electric Conflict on the Magnetic Needle". Karen Jelved, Andrew Jackson y Ole Knudsen (trads. y eds.). *Selected Scientific Works of Hans Christian Ørsted*. Princeton: Princeton University Press, 1998, pp. 413-416 (1820b). De aquí en adelante, todas las referencias a Jelved, Jackson y Knudsen, serán abreviadas con J. J. K y son traducciones propias.

En su trabajo "Thermo-electricity", publicado en 1830, Ørsted hace un recuento histórico de su descubrimiento, en el cual se puede ver que de ninguna manera se trató de una casualidad. Ahí señala que en el invierno de 1820 "supuso que se requería un poder, que debía ser suficiente para lograr la incandescencia en el alambre conductor". El plan del primer experimento, dice, fue "hacer que el flujo de un pequeño aparato galvánico de baldes, comúnmente usado en sus cátedras, pasara a través de un muy pequeño alambre de platino, el cual fue colocado sobre una brújula cubierta con un vidrio".[13] Ørsted continúa su relato acerca del plan de su primer experimento señalando que se hizo la preparación, pero que un "accidente" le impidió realizarlo ante los estudiantes de su cátedra, por lo que lo pospuso para un mejor momento, el cual duró tres meses. Ørsted no da mayor explicación, sólo la siguiente reflexión, la cual, como es común en sus escritos, la expresa en tercera persona del singular:

> Puede parecer extraño que el descubridor [sic] no hizo más experimentos sobre el tema durante tres meses; él mismo se dio cuenta de que era completamente difícil concebirlo; por lo extremadamente débil y la aparente confusión del fenómeno en el primer experimento, el recuerdo de numerosos errores cometidos sobre el tema por los primeros filósofos, particularmente su amigo Ritter, las afirmaciones sobre la materia que habían sido tratadas con extrema atención, pueden haber determinado a que dejara a un lado sus investigaciones para un momento más conveniente.[14]

En el mismo trabajo, Ørsted señala que en el mes de julio de 1820 continuó sus experimentos, pero con un aparato galvánico de mayor intensidad, empleando, igualmente, alambres muy delgados. El supuesto del que partía Ørsted era que el alambre tenía que alcanzar la incandescencia para que se produjera algún efecto sobre la aguja magnética; sin embargo, dice: "pronto se dio cuenta de que los conductores de un mayor diámetro producían un mayor efecto".[15] A solo unos meses de la publicación de su

13 *Ibid.*, p. 547.

14 *Idem.*

15 *Idem.*

reporte en latín, en un trabajo titulado "Observation on Electro-magnetism", publicado en *Annals of Philosophy* en 1821, Ørsted señala que insertó en el lugar bajo el cual la aguja magnética fue situada un muy fino alambre de platino entre los alambres conectores.[16]

Sin embargo, el relato más cercano acerca de lo que lo pudo haber llevado a la conclusión de que el circuito galvánico tenía que estar cerrado, tuvo como base los trabajos presentados por Ørsted en los congresos celebrados el 5 de enero y el 6 de abril de 1821, que posteriormente publicó como *Note on the Discovery of Electromagnetism*. En ese trabajo Ørsted señala que: "[Ørsted] descubrió que los conductores que conectaban los dos polos opuestos de un circuito galvánico, en los cuales todos los efectos que pudieran ser detectados por cualquier tipo de electrómetro habían desaparecido, ejercían un poderoso efecto complementario, por el cual se ponía en movimiento a una aguja magnética".[17]

La primera explicación de Ørsted fue que al desaparecer los efectos detectados por el electrómetro, desaparecía el conflicto eléctrico. Posteriormente argumentó que el conflicto eléctrico y el calor producido por su transmisión al interior de los cuerpos estaban tan mezclados que escapaban a toda observación, como su detección por medio del electrómetro. Así, bajo este estado de perfecto equilibrio, dice Ørsted, el conflicto eléctrico no desaparecía sino que ejercía un poderoso efecto complementario: pasaba de ser una conducción de la electricidad al interior del alambre en forma de ondulaciones "infinitesimalmente" pequeñas, a un efecto magnético a su alrededor. Una vez creado el dispositivo que cerraba el circuito, el conflicto eléctrico se extendía al espacio alrededor del alambre:

> [...] Los extremos opuestos del aparato galvánico están conectados por un alambre metálico, el cual, para abreviar, de aquí en adelante le llamaremos el conductor de conexión [conductorem conjungentem][18] o el alambre de unión [filum conjungens].[19] De esta manera, el efecto que tiene lugar en ese conductor y en el espacio a su alrededor lo llamaremos el conflicto eléctrico.[20]

16 *Ibid.*, pp. 430-445.

17 *Ibid.*, p. 425.

18 Williams, *op. cit.*, p. 2.

19 *Idem.*

20 Ørsted, "Experimenta Circa Effectum…", p. 414.

Al cerrar el circuito no desaparecía el conflicto eléctrico sino que se creaba un flujo continuo de las cargas, con lo que el conflicto eléctrico se transformó en el concepto de corriente eléctrica. Ørsted pensaba que se trataba de un problema metodológico de falta de un instrumento que midiera "lo que dejaba de medir" el electrómetro. Ørsted no se imaginó en ese momento (y cómo se lo iba a imaginar) que la brújula que utilizó en sus experimentos era un galvanómetro que medía el movimiento de la electricidad galvánica al interior del alambre.

Puede decirse, entonces, que la diferencia entre un buen conductor y un mal conductor de la electricidad galvánica era la velocidad de transmisión de las ondulaciones positivas y negativas en su atracción mutua. Así, la diferencia entre el conflicto eléctrico y la corriente eléctrica era la velocidad de transmisión de las cargas. Este planteamiento no aparece de manera explícita en ninguno de los relatos de Ørsted; sin embargo, el científico danés los utilizó como sinónimos en la traducción al inglés realizada por él de su trabajo original en latín: cambió el título *Experimenta circa effectum conflictus electrici in acum. magneticam*, por el título *Experiments on the Effect of a Current of Electricity on the Magnetic Needle*, publicado en octubre del mismo año en el volumen XVI de *Annals of Philosophy*. De esta manera, el cambio *conflictus electrici* a *current of electricity* no es, de ninguna manera, un problema de traducción. El aparato galvánico creado por Ørsted no es una pila voltaica mejorada a la que se le cerró el circuito; es, antes bien, un nuevo instrumento que dio origen a un nuevo fenómeno en ciencia: es un aparato galvánico de baldes de cobre, *Copper Troughs Galvanic Apparatus* (*Apparatus galvanicus receptaculis cupreis rectangularibus*) que dio origen al nuevo fenómeno electromagnético. Como se acaba de mencionar, en su trabajo original en latín Ørsted llamó a la unión del alambre conductor y los alambres conectores *filum conjungens*, que era lo que formaba el circuito cerrado de corriente. De acuerdo con este análisis, se considera que fue así como Ørsted llegó a la conclusión de que el efecto magnético lo producía un circuito cerrado, no uno abierto: *idque circulo galvanico cluso, non aperto*.[21] Se plantea entonces que la relación del fenómeno eléctrico y el fenómeno magnético como un nuevo

21 Williams, *op. cit.*, p. 2.

fenómeno científico, el fenómeno electromagnético, sólo pudo ser posible con la creación de su aparato galvánico.

Limitantes de la física newtoniana ante el desarrollo de la química: una década de intensa búsqueda en la explicación de la nueva electricidad galvánica

En esta reconstrucción, el trabajo de 1812 es una propuesta teórica en la que se sintetiza el trabajo experimental de Ørsted desarrollado en la década anterior acerca del funcionamiento químico de la electricidad galvánica. Por medio de esta síntesis teórica, Ørsted intentó hacer inteligible su planteamiento acerca de que la electricidad puede comportarse como si fuera magnetismo por medio del calor, argumento que lo llevó a cerrar el circuito de su aparato galvánico. Sus investigaciones en electricidad galvánica iniciaron con la invención de la pila voltaica, la cual, como se verá más adelante, marcaba la frontera entre lo orgánico y lo inorgánico, puesto que pertenece a ambos mundos en su relación recíproca. Dicho de otra manera, la reacción química de la pila provocaba un fenómeno físico –la electricidad–, y sus descargas eléctricas una reacción química –la hidrólisis–. Esta reciprocidad rompía el paradigma newtoniano de la inconmensurabilidad de los fluidos eléctrico y magnético, dando paso a la propuesta metafísica de su convertibilidad mutua.

Como se señaló en la "Introducción", no entenderemos a la metafísica en su sentido trivial, sino como teoría razonada de la realidad más allá de los datos sensibles, en donde lo que se observaba era el fenómeno físico de la electricidad pero cuyo funcionamiento químico se desconocía, que es lo que se analizará en este apartado.

La comunicación de Volta a la Royal Society acerca de su descubrimiento de una fuente de producción continua de electricidad, era la de un aparato que consistía de dos estructuraciones diferentes. La primera estructura estaba conformada por diversos pares de placas de plata y de

zinc, las cuales estaban separadas por un trapo humedecido en salmuera. En esta estructuración, las cargas eléctricas fluían a través del alambre que conectaba los pares de placas. La segunda estructuración consistió de tazones llenos de salmuera, en los que se sumergían alternadamente placas de zinc y de plata, unidas por medio de empalmes metálicos, comúnmente de cobre.[22]

La primera estructuración de la pila de Volta desde un principio sufrió diversas mejoras en sus componentes fundamentales –por ejemplo, con respecto a los metales de las placas y la solución en la que eran sumergidas–, mientras que la segunda tuvo un cambio significativo en el dispositivo de su circuito: además de los alambres que conducían las cargas eléctricas de una placa metálica a la otra, se colocaron alambres conectores en ambos extremos de la pila –esto es, los circuitos interno y externo de la pila respectivamente–. Con el dispositivo del circuito externo se creó un circuito abierto que, al ser cerrado a través de algún medio, las cargas eléctricas fluían de un extremo a otro de la pila, lo cual se llevaba a cabo al poner ambos alambres en contacto mediante algún medio conductor de las cargas, con el fin de cerrar el circuito.

Tres líneas de investigación subyacían bajo estos cambios. La primera se refería a la producción de magnetismo por medio de la electricidad, que es la que se presentó en el apartado anterior; la segunda y la tercera línea se referían al funcionamiento químico de la pila, que es lo que se presenta en este apartado. En la segunda línea se trataba de saber cómo funcionaba químicamente la pila, es decir, si la producción de cargas eléctricas dependía de la reacción química producida por el contacto entre las placas. En la tercera línea, el interés era por saber qué reacciones químicas provocaban las descargas eléctricas en medios líquidos y sólidos, principalmente en el agua y en diversos metales.

Respecto a los cambios en los componentes de la pila voltaica, una modificación importante la llevó a cabo, en 1802, Humphry Davy, quien con la ayuda de William Pepys, un fabricante de instrumentos, construyeron la pila voltaica más potente de su tiempo. Asimismo, asociado con

22 Bern Dibner. *Ørsted and the Discovery of Electromagnetism*. Nueva York: Blaisdell Publishing Company, 1962, p. 2.

William Wollaston, quien abandonó la práctica médica para dedicarse a la investigación científica, propuso teóricamente que la oxidación de los metales era la causa primaria de la generación de las cargas eléctricas de la pila voltaica. Otra gran aportación fue la construcción por John Children, en 1809, de una nueva pila. Con esta pila, Children confirmó las observaciones tanto de Davy como de Robert Hare, profesor de la Universidad de Pensilvania, de que: "la intensidad del flujo de las cargas eléctricas en el medio conductor al interior de la pila se incrementaba con el número de placas, mientras que la cantidad del flujo eléctrico de un polo a otro de la pila dependía de la extensión de la superficie de la placa".[23]

23 Ørsted, "Experimenta Circa Effectum…", pp. 6-7.

Ambos trabajos respondían a las dos grandes controversias suscitadas por la creación de la pila voltaica: la unión misma de las dos placas metálicas, destacando en ocasiones el papel que jugaba el medio de unión de las placas, así como la relación entre el número de placas componentes de la pila y la superficie de las mismas. Esto suscitó investigaciones en diversos países: en Italia por Luigi Brugnatelli, en Francia por Gay-Lussac, en Rusia por George Parrot y en Alemania por Johann Ritter. Desde el punto de vista teórico, lo que les interesaba a todos estos investigadores era la intensidad y la cantidad de flujo de las cargas, que, en términos modernos, se refiere al voltaje y al amperaje, respectivamente.

Con el fin de ilustrar las limitantes de la física newtoniana con respecto del desarrollo de la química, tal y como señala el título de este apartado, se presenta un breve resumen de Biot en el que reporta la materialización de una pila de 100 pares de placas pequeñas, y otra de 24 pares de placas grandes. Resulta interesante, entonces, saber si hubo materializaciones mayores a los 100 pares de placas o menores a los 24 pares de placas grandes. Asimismo, resulta interesante saber si hubo configuraciones imaginarias que sólo se quedaron en la confección de bocetos o diagramas sin llegar a su materialización con pilas de diferente número de placas. Lo más importante para este análisis epistemológico de la unificación de las fuerzas químicas propuesto por Ørsted, es que Biot, al comparar las pilas de 100 y 24 pares de placas, registró que hubo "una

fuerte atracción entre los dos alambres comunicadores [*sic.*] suspendidos de sus terminales".[24]

No fue falta de suerte lo que impidió a Biot llegar al descubrimiento del efecto magnético producido por la corriente eléctrica cerrando el circuito, se trataba de un fenómeno que estaba fuera de su concepción newtoniana del mundo. Esto se puede apreciar mejor en sus conclusiones: "Bajo las mismas circunstancias dos pilas, una compuesta de placas grandes, la otra de placas pequeñas, darán al mismo tiempo, la primera una gran masa de animado flujo [eléctrico] con una velocidad pequeña; la segunda una menor masa con una gran velocidad".[25]

Se trata de la especulación metafísica propuesta por Volta como una relación tensión-descarga, productora de una "fuerza electromotiva" que explicaba el funcionamiento de su pila. La tensión se refiere a la masa de flujo al interior de la pila, mientras que la descarga está dada por la velocidad del desplazamiento de las cargas en el medio conductor externo. Hoy sabemos que el desplazamiento de las cargas a gran velocidad forma la corriente eléctrica. Biot suponía, siguiendo la teoría de Volta de la fuerza electromotiva, que la electricidad galvánica era idéntica a la electricidad estática.[26]

Theodore Brown, en su artículo "The Electric Current in the Early Nineteenth-Century France Physics", señala que Biot describió el fundamento del funcionamiento de la pila voltaica en el marco de la teoría electrostática creada por Coulomb. La pila creada por Biot, dice Brown, "difería de la pila de Volta en dos aspectos sutiles pero cruciales: en la naturaleza de la fuerza electromotiva y en el significado de la 'circulación' eléctrica".[27] En términos de nuestra propuesta, lo que para Brown era una sutil diferencia entre la pila de Volta y la pila de Biot, es decir la 'circulación' eléctrica, marca la diferencia entre la pila voltaica y el aparato galvánico de Ørsted como dos instrumentos distintos. La pila voltaica actuaba al ser cerrado su circuito externo mediante algún medio conductor; en cambio, el aparato galvánico de Ørsted contaba con un dispositivo, un alambre metálico que permitía la "circulación" de las cargas eléctricas en el circuito externo de la pila.

24 Eugene Frankel. "J. B. Biot and the Mathematization of Experimental Physics in Napoleonic France". *Historical Studies in the Physical Sciences*. California, University of California Press, vol. 8, 1977, p. 48.

25 Biot, 1801, citado por Frankel, *op. cit.*, p. 48.

26 *Idem.*

27 *Ibid.*, p. 71.

De ninguna manera la metafísica especulativa de Volta, entendida como teoría racional de la realidad como relación tensión-descarga y extendida como posibilidad para explicar el funcionamiento de su pila como fuerza electromotiva, patenta la influencia de Kant y de Schelling en su trabajo. Más bien, la pila voltaica fue tomada por Schelling como referente empírico de su física especulativa, como abstracción de la propuesta de Luigi Galvani de la electricidad animal, que para Schelling era un misterioso fenómeno. Aunado a la electricidad animal y a la electricidad galvánica de la pila voltaica, estaba el misterioso fenómeno de los rayos como descargas eléctricas durante las tormentas, lo cual sirve de marco para entender la metafísica como teoría de la realidad más allá de lo sensible. Fue Benjamín Franklin quien propuso que detrás del fenómeno sensible de la luminosidad sonora de los rayos durante las tormentas estaba la unión de las electricidades positiva y negativa, lo cual está más allá de lo sensible. Se desarrolló entonces la teoría de las dos electricidades, siendo sólo visible su manifestación como descarga.

De manera inversa, Schelling propuso que las electricidades positiva y negativa se convertían en los fenómenos físicos de luz y sonido, en el marco de su teoría de la convertibilidad de las fuerzas del universo de su física especulativa. Con la invención de la pila voltaica, con la cual se producía el fenómeno eléctrico de los rayos de manera artificial por medio de la electricidad, era casi una obviedad pensar en la unificación de las fuerzas químicas y las eléctricas, con la luz, el calor y el magnetismo como unificación de las fuerzas del universo. Es fácil entonces pensar que todos los trabajos experimentales llevados a cabo con la pila voltaica eran guiados por la influencia de la *naturphilosophie*, que en este trabajo es interpretada, coincidiendo con Stauffer, como la verificación experimental de la física especulativa de Schelling de la unificación de las fuerzas del universo. Por lo tanto, en el siguiente apartado se hará un breve recorrido histórico por los diversos experimentos emprendidos con la pila voltaica, mostrando que no todos ellos fueron producto de dicha influencia, y brindando así elementos para las reflexiones finales de este artículo.

Desarrollos teórico-experimentales con la pila voltaica en la búsqueda de la relación de similitud entre la electricidad y el magnetismo

Siguiendo el marco propuesto en el presente artículo, los experimentos llevados a cabo por Ørsted en el periodo comprendido entre 1801 y 1810 están directamente relacionados con experimentaciones simultáneas con las que se intentó establecer la relación de similitud entre la electricidad y el magnetismo. Ejemplo de esos intentos fueron los experimentos hechos por Hachette y Desormes en 1805, los cuales son descritos por Bern Dibner en su trabajo *Ørsted's Discovery of the Electromagnetism*, publicado en 1962.[28]

28 Dibner, *op. cit.*, pp. 15-17.

Dibner señala que Hachette y Desormes, partiendo del principio de que la electricidad se podía comportar como si fuese un imán, construyeron una pila compuesta por 1 480 placas delgadas de cobre y cubiertas de zinc, y la colocaron en un balde largo de manera que flotase en el agua; colocaron también una barra magnética de acero que pesaba cerca de la mitad de lo que pesaba la pila, ya que este era el principio de funcionamiento de las brújulas primitivas. Después de algunas oscilaciones, la barra se orientó en dirección al meridiano magnético, tal y como lo hacen las brújulas; la pila, en cambio, no se orientó de la misma forma. Dibner señala que los polos de la pila no estaban unidos durante el experimento, es decir, que su circuito estaba abierto, no cerrado, condición *sine qua non* para que la electricidad se comportara como si fuese un imán, según se planteó en el apartado anterior.

El problema no era sencillo de resolver. Hachette y Desormes sabían que la pila con el circuito abierto no producía ningún efecto, pero también que, cuando el circuito estaba cerrado sobre sí mismo, los efectos desaparecían; el circuito tenía que estar cerrado a través de algún medio para que se produjera algún efecto. Sin embargo, había quienes seguían intentando, de diversas formas, cerrar el circuito sobre sí mismo. Dibner en 1962 señaló que, a principios de 1801, Nicolás Gautherat:

> [...] observó que dos alambres, uno conectado a una de las terminales de la batería eléctrica y el otro a la otra terminal, podrían tender a adherirse uno al otro cuando estos dos alambres fueran traídos en contacto cercano. Estas observaciones [la de poner un contacto cercano a los alambres] no solamente fueron repetidas en 1806 por experimentadores como C. J. Lehot, un físico francés, sino que el fenómeno fue independientemente observado tanto por Laplace como por Biot.

Un experimento completamente novedoso, en el intento de cerrar el circuito sobre sí mismo, es el que reporta Ørsted en el apartado acerca de magnetismo de su obra *Ansichten der Chemischen Naturgesetze*[29] (*Mi punto de vista acerca de las leyes químicas de la naturaleza*), publicado en 1812. En este experimento, Ørsted supuso que se podría producir la contracción muscular en una rana "si los dos polos opuestos de un alambre de hierro magnetizado eran conectados a éste [el músculo de la rana] de tal manera que un circuito cerrado pueda ser formado".[30]

Con este experimento, Ørsted logró el mismo efecto conseguido por Luigi Galvani –la contracción muscular de la pata de una rana–; la diferencia radica en que el médico italiano lo obtuvo por medio del efecto eléctrico producido por la unión de los dos metales del escalpelo, en cambio Ørsted lo hizo frotando con un imán un alambre metálico para magnetizarlo. El planteamiento de Ørsted fue que por medio de la electricidad "es posible producir algún efecto sobre un imán, como si ésta [la electricidad] fuera un imán".[31] Resulta claro que Ørsted buscaba producir un efecto magnético por medio de la electricidad galvánica, pero a través de un medio conductor que cerrara el circuito, no por medio de un circuito cerrado sobre sí mismo.

Técnicamente hablando, para lograr cualquier efecto eléctrico, el circuito siempre tenía que estar cerrado a través de algún medio, no sobre sí mismo. En su libro *Electrodynamics from Ampère to Einstein*, Oliver Darrigol[32] señala que Volta consideraba el fenómeno eléctrico producido por su pila como un proceso de tensión en su interior y de descarga hacia el exterior.

29 Robert Stauffer lo escribe como *Naturgesetze*, mientras que Pears William lo escribe como *Naturgesetz*, por lo que en este último caso se agrega el adverbio latino *sic*.

30 J.J.K., *op. cit.*, p. 379 (1812).

31 *Idem*.

32 Oliver Darrigol. *Electrodynamics from Ampère to Einstein*. Nueva York: Oxford University Press, 2000.

La tensión se originaba por el contacto entre series continuas de dos metales –en este caso el cobre (Cu) y el zinc (Zn)– separados por un medio conductor interno. La descarga era producida al poner en contacto los dos polos de la pila a través de un medio conductor externo. Al interior de la pila, las placas de cobre y de zinc eran colocados en pares de placas, formando una serie continua de placas CuZn, separadas por un papel húmedo que, dependiendo de la solución utilizada para humedecerlo, incrementaba o no la tensión. La solución era el medio conductor interno. Así, la "habilidad" de la pila para recargarse a sí misma, que para Volta era un misterio, se debía a la conexión de los pares de placas por el medio conductor interno a lo largo de toda la serie de placas de cobre y de zinc. La unión en serie provocaba que después de cada descarga la pila se recargara a sí misma, haciendo que el efecto fuera permanente. Así, la descarga continua a través de un medio conductor externo, particularmente un alambre metálico, y la recarga generada por la serie continua de placas y el medio húmedo, producía un flujo continuo de las cargas eléctricas, que en el lenguaje actual es una corriente eléctrica que circula a través del alambre que cierra el circuito, uniendo ambos polos de la pila.

Theodore Brown, antes físico que historiador de la ciencia, como Oliver Darrigol, concibe los hechos pasados desde el conocimiento que se tiene en el presente, práctica usual de la gran mayoría de los físicos. Desde este anacronismo, considera el trabajo de Ørsted de la siguiente manera: "El fenómeno que descubrió Ørsted actualmente es completamente simple. Él notó que cuando unió los polos de una pila voltaica con un alambre conector, una aguja magnética sostenida en forma paralela al alambre podía ser desviada a una posición perpendicular".[33]

La explicación en este trabajo es que Ørsted creó un dispositivo en su aparato galvánico que lo convertía en un instrumento que producía un efecto completamente diferente al que producía la pila voltaica. La convergencia fue que el medio conductor externo –el alambre metálico– quedó unido a los alambres conectados a los polos positivo y negativo del aparato a través de los cuales se efectuaba la descarga. De esta manera, ambos

33 Theodore Brown "The Electric Current in Early 19th Century French Physics". *Historical Studies in the Physical Sciences*. Filadelfia, University of Pennsylvania Press, vol. 1, 1969, p. 82.

alambres quedaron integrados como uno solo, quedando conectados a su vez al aparato galvánico y formando así un solo instrumento. Se dice fácil, pero este proceso le llevó a Ørsted 20 años de trabajo experimental; por ello, es absurdo calificar, peyorativamente, que sus resultados fueron consecuencia de su misticismo científico-religioso. Como se plantea en este artículo, el trabajo de Ørsted antes bien fue producto de su pensamiento simbólico-imaginativo, con el cual buscaba la incandescencia del alambre conductor externo por medio de las descargas eléctricas provenientes de los alambres conectados a los polos positivo y negativo del aparato.

Presentación, desde la epistemología, de la física especulativa de Schelling y su supuesta influencia en el trabajo de 1812

Robert Stauffer[34] y Pears Williams[35] coinciden en que el descubrimiento de Ørsted se debió a la influencia del pensamiento de Schelling,[36] en especial a la identificación hecha por el alemán entre las leyes de la naturaleza y las leyes de la razón, propuesta epistemológica esta última de base netamente filosófica. La idea se encuadra en el marco general de la física especulativa, opuesta por Schelling a la física mecanicista. Sin embargo, no debemos entender a la física especulativa, basada en la unión de las fuerzas contrarias de la naturaleza, como una propuesta místico-religiosa, sino como una gran hipótesis contraria a la teoría dominante de atracciones y repulsiones que actúan en un espacio vacío. Se trata así de una visión epistemológica desde la cual, paradójicamente, los conceptos newtonianos de un espacio y un tiempo absolutos son considerados mera especulación metafísica, como se verá más adelante con Pears Williams.

Siguiendo con el relato desde una perspectiva epistemológica, en un trabajo elaborado para la *Encyclopedie de la Pléiade*, Xavier Tilliette plantea que Schelling pretendió fundamentar y legitimar a la filosofía de la naturaleza y a la filosofía trascendental. Para Schelling, dice, estas ciencias son simétricas y están en relación recíproca, esto es, operan a partir de la idea

34 Menna, *op. cit.*
35 Stauffer, "Speculation and Experiment…"
36 Friedrich Schelling. *Escritos sobre filosofía de la naturaleza*. Madrid: Alianza, 1996.

de correspondencia o paralelismo entre la naturaleza y la inteligencia: la analogía entre lo físico y lo trascendental.[37] La analogía de lo físico y lo trascendental, dice Tilliette, la plantea Schelling como un punto de encuentro entre lo natural y lo ideal, punto de encuentro que se manifiesta cuando la naturaleza es representada por modelos artificiales. En estos modelos no sólo se reflejan las características físicas de la naturaleza, sino que, a su vez, hay una inclusión de lo ideal en ellos.

37 Xavier Tilliette. "Schelling". Yvan Belaval (dir.). *Historia de la Filosofía: La Filosofía Alemana de Leibniz a Hegel*. Vol. 7. México: Siglo XXI, 1999, pp. 357-412.

A decir de Schelling, "el arte no es sólo el documento [el modelo artificial], sino también el órganon de una filosofía marcada por el esquema de la organicidad".[38] Esto significa que en los modelos artificiales están contenidas la estructura lógica (el *organon*) y las representaciones de la naturaleza, como documento de la misma. La propuesta de Schelling era reconocer el principio originario de la naturaleza como una acción que se transmite al ser. Dicho de otra manera, entender la naturaleza como fuerzas contrarias que rigen el movimiento de los cuerpos, incluido el cuerpo de los sujetos. En resumen, la gran especulación de Schelling era que en los modelos artificiales queda representada tanto la organización de la naturaleza como la estructura lógica del sujeto, en un esquema general de organicidad de ambos. Esta gran especulación es la que Ørsted sometió a verificación experimental, creando para ello su propio modelo artificial, su aparato galvánico de baldes de cobre.

38 *Ibid.*, p. 399.

Robert Stauffer, en su artículo publicado en 1957 "Speculations and Experiment in the Background of Ørsted's Discovery of Electromagnetism",[39] hace el planteamiento de que el descubrimiento de Ørsted surgió de la fértil unión especulación-experimentación. Por lo tanto, en la primera parte se enfoca en dar un esbozo de los intereses filosóficos de Ørsted, mientras que en la segunda presenta una breve historia de su trabajo experimental. Si bien Stauffer destaca la influencia de Schelling sobre Ørsted, el artículo se centra en resaltar dos fuertes coincidencias entre ambos: la gran hipótesis de la unidad de las fuerzas de la naturaleza, en la que estaba inmerso el interés por establecer, desde la química, la relación entre la electricidad y el magnetismo, además de la luz y el calor. La gran hipótesis de la

39 Menna, *op. cit.*

unidad de las fuerzas de la naturaleza, la cual fue considerada como un pensamiento metafísico en sentido peyorativo, es una teoría racional de la realidad más allá de lo sensible, en donde la luz del rayo, en la que estaba implícito el calor, establecía la relación de las electricidades positiva y negativa con las cargas positiva y negativa del magnetismo de la brújula de los navíos durante las tormentas. Ambas coincidencias están directamente relacionadas con lo que en este artículo se considera la tesis epistemológica de Schelling: "La Naturaleza es sólo el organismo visible de nuestro entendimiento".[40]

Se trata de una tesis que encierra el núcleo duro de la epistemología, la relación sujeto- objeto llevada a la relación Hombre-Naturaleza. Como buen discípulo de Kant, la tesis de Schelling es una tesis apriorista que pretende llevar la filosofía natural a una ciencia de la naturaleza, "por la deducción todos los fenómenos de la naturaleza de una hipótesis absoluta".[41] En este punto es importante destacar la conceptuación de la metafísica como teoría racional de la realidad, en donde la especulación de la relación entre la electricidad y el magnetismo es deducida de la gran hipótesis de la unidad de las fuerzas de la naturaleza, que con la invención de la pila voltaica, los fenómenos físicos tenían su origen en la química. Su propuesta se trata de una física especulativa, en donde señala que "es posible un sistema estrictamente especulativo sobre la física, el cual fue un punto a ser probado".[42] Stauffer señala que en más de media docena de trabajos, Schelling intentó verificar experimentalmente sus especulaciones, al compartir con sus contemporáneos el entusiasmo por la misteriosa electricidad animal llamada galvanismo, en honor a Luigi Galvani, del cual derivó la electricidad galvánica de la pila voltaica.

Para Schelling, el galvanismo era un fenómeno de frontera entre lo orgánico y lo inorgánico, que en términos de la unificación de las fuerzas del universo se traduce en la identidad de las fuerzas químicas con las fuerzas físicas por mediación de lo biológico. La importancia del galvanismo radica en que es el antecesor de la invención de la pila voltaica en 1800, la cual era el punto medio entre la electricidad como fenómeno físico y

40 *Ibid.*, p. 35.

41 *Ibid.*, p. 36.

42 *Idem.*

como fenómeno químico. Asimismo, la pila voltaica era el punto medio entre la electricidad friccional y el magnetismo: "El modo de actividad galvánica yace a medio camino entre el modo eléctrico y el modo magnético. Ahí las fuerzas eran más latentes que en la electricidad y menos que en el magnetismo".[43] En este contexto, el vínculo entre Ørsted y Schelling respecto de la relación entre la especulación y el experimento, Stauffer lo establece por la intermediación del químico húngaro Jakob Joseph Winterl y el físico, químico y filósofo alemán Johann Wilhelm Ritter. Todos ellos estaban unidos por la *naturphilosophie*, pero no en la visión ingenua y hasta despreciativa que se tiene de ella, sino como una reacción contra "la visión miope en el modo de investigar la naturaleza, con la cual comenzó la ruina de la filosofía en manos de Bacon y la ruina de la física en manos de Newton y de Boyle.[44]

Este es el marco en el que se desarrolla el trabajo experimental de Ørsted, el cual desembocó en la propuesta de la unificación de las fuerzas químicas de la naturaleza publicado en 1812, que se verá en el siguiente apartado después de presentar la propuesta metafísica especulativa en el descubrimiento de Ørsted. Pearce Williams señala que Ørsted toma de la propuesta de la *naturphilosophie* el planteamiento de Schelling de buscar extraer de la experiencia el soporte a las especulaciones: "el soporte de las visiones producidas por la unión del misticismo científico y el religioso".[45] La visión común es que de este planteamiento derivaba la propuesta de Ørsted de la relación de todas las fuerzas del universo. Es en este planteamiento en el que se basan los físicos de la actualidad para considerar el pensamiento de Ørsted como misticismo científico-religioso. Esta es una visión de la metafísica de la *naturphilosophie*, no de la física especulativa de Schelling, que es la que se resalta en este trabajo.

En el recuento de Pearse William se señala que el idealismo místico de Friedrich Wilhelm Joseph von Schelling, el mejor discípulo de Kant, fue el principal antídoto en contra del materialismo de la ciencia newtoniana. William señala que "los objetivos de Schelling eran más teológicos que científicos, pero que en su ascenso de lo material hacia Dios dejó detrás

43 *Ibid.*, p. 39.

44 *Ibid.*, p. 36.

45 Schelling citado por Williams, *op. cit.*, p. 45.

un número de ideas que tuvieron una extraordinaria influencia en el desarrollo de la teoría física de los comienzos del siglo XIX".[46] La diferencia entre Kant y Schelling, dice Williams, era su conceptuación respecto de las fuerzas de la naturaleza. La tendencia de Kant, dice, era ver un mundo en equilibrio entre las fuerzas de atracción y repulsión que llenaban el espacio, en donde "Schelling vio un mundo en conflicto en el cual estas fuerzas se esforzaban en superarse una a la otra".[47] Según Pearce William, tres conceptos subyacen a la propuesta de Schelling en relación con el conflicto entre las fuerzas: su polaridad, su dualidad y su convertibilidad, siendo esta última la menos obvia en la física newtoniana.

Uno de los conceptos tradicionales de la *naturphilosophie* fue la convertibilidad de las fuerzas, bajo el supuesto de que al cambiar las condiciones cambiaba la manifestación de los fenómenos, como era el caso de las fuerzas de atracción y repulsión en la electricidad y el magnetismo. A este importante postulado de la *naturphilosophie*, "el sistema de la física newtoniana fue si no hostil, al menos indiferente".[48] Después del ataque de Kant a la física newtoniana, acusando de metafísico su planteamiento de espacio y tiempo absolutos planteado en la *Crítica de la Razón Pura*, en su tratado *Primeros Principios Metafísicos de las Ciencias de la Naturaleza* presenta las bases epistemológicas de su teoría física. Esta última obra, desde los tiempos de Ørsted, ha sido considerada como una de las principales obras de Kant, no obstante que es muy poco conocida, por no ser tan tajantes y decir que es una obra desconocida. De esta manera, el libro de Ørsted publicado en alemán en 1812, del cual se hizo una traducción al francés en 1813, que es el motivo fundamental de este artículo y que a decir de Pearce Williams sólo hay cuatro copias disponibles en los Estados Unidos, no ha sido leído con la atención que merece.

46 *Ibid.*, p. 44.

47 *Idem.*

48 *Ibid.*, p. 47.

La propuesta del primer bicentenario de Ørsted por su libro publicado en alemán en 1812 y traducido al francés en 1813

El trabajo de 1812 inicia con el señalamiento de que en la mecánica todas las leyes del movimiento se reducen a un mismo problema, cuyo cálculo requiere de evidencia empírica. Bajo este planteamiento inicial, su objetivo era llevar a la química a una perfección similar a la de la mecánica, a fin de que la química fuera la base de su teoría de la identidad de las fuerzas. Ørsted buscaba lograr su objetivo "reduciendo todos los efectos químicos a una fuerza originaria". El planteamiento de Ørsted es el siguiente:

> Una vez que hayamos presentado la gran conexión entre los efectos químicos y los eléctricos, así como los de la identidad de las fuerzas que las producen en estas dos direcciones opuestas, con base en nuestras investigaciones de la naturaleza de la conductividad, intentaremos mostrar las condiciones bajo las cuales ambas fuerzas producen calor y las condiciones bajo las cuales producen luz [...] Finalmente, una mirada al magnetismo y a las percepciones sensoriales confirmó la universalidad de las fuerzas químicas y su identidad con las fuerzas que llenan el espacio.[49]

49 J. J. K., *op. cit.*, p. 312.

En su intento por perfeccionar a la química, plantea que de la misma manera que las fuerzas opuestas en la mecánica están presentes en los cuerpos en reposo, las fuerzas químicas opuestas están presentes en los cuerpos mediante el fuego. Así, dice Ørsted, las fuerzas químicas mediante la combustión se transforman en fuerzas opuestas. A una la llamó fuerza combustiva o capacidad de producir fuego en los cuerpos, mientras que a la fuerza contraria la llamó fuerza ignitiva o susceptibilidad de los cuerpos al fuego. "La combustión es causada por el esfuerzo de combinar la fuerza combustiva y la fuerza ignitiva, las cuales mutuamente se neutralizan una y otra y son por lo tanto llamadas fuerzas opuestas".[50] En su reducción de todos los efectos químicos a una fuerza originaria, toma la combustión como una fuerza unificadora, pero

50 *Ibid.* p. 332.

a la vez productora de fuerzas opuestas. La combustión unifica la fuerza combustiva y la ignitiva, creando, como fuerzas opuestas, los ácidos y los álcalis.

> A través de la combustión, algunos cuerpos son transformados en alcalinos y otros en ácidos. Hemos ya mostrado anteriormente que por medio de la alcalinidad y la acidez fue explicada su propiedad de neutralizarse recíprocamente uno y otro. Si ahora adoptamos nuevamente la terminología establecida, deberíamos decir que las actividades en los álcalis y en los ácidos son fuerzas opuestas. Naturalmente, aquello que también podría ser llamado indiferencia química, debería ser el equilibrio de las dos fuerzas. Sin embargo, la pregunta que ahora surge es: ¿Cómo es posible que una y la misma operación pueda producir o desarrollar dos actividades opuestas? Trataremos de que los hechos respondan por sí mismos esta pregunta y por lo tanto compararemos las condiciones bajo las cuales la alcalinidad es producida con aquella con la cual se produce la acidez.[51]

51 *Ibid.*, p. 333.

Bajo este modelo teórico de la neutralización de la fuerza combustiva y la fuerza ignitiva, Ørsted hace su propuesta experimental de la unidad de las fuerzas químicas y las eléctricas por medio del calor como unión de fuerzas opuestas a través del fuego. Esta propuesta iba en contra tanto de la teoría newtoniana de la acción a distancia, como de la consideración de la electricidad y el magnetismo como teorías diferentes. Sin embargo, Ørsted no estaba sólo contra el mundo, se encontraba inmerso en el movimiento psicosocial de otros experimentadores que tenían el mismo objetivo. Cabe destacar que no todos ellos pertenecían al movimiento de la *naturphilosophie*, el cual avanzaba contra la corriente del movimiento social de la Ilustración.

Así, el aparato galvánico de Ørsted, en el que la unión de las fuerzas químicas opuestas daba origen a la fuerza eléctrica, ahora daba origen a una corriente eléctrica la cual producía un efecto magnético. Detrás de este resultado experimental, estaba la propuesta de la unificación de las fuerzas químicas expresadas como fuerzas del universo, que hace dos siglos daba

la apariencia, tal vez con justa razón, de un misticismo científico-religioso. La propuesta en este artículo es que los veinte años de trabajo experimental de Ørsted que lo llevaron a la creación de su aparato galvánico, se debió a la configuración imaginaria de una realidad posible, derivada del pensamiento simbólico-imaginativo plasmado en el diseño de sus experimentos.

Para llegar a la configuración imaginaria de una realidad posible se parte de ciertos supuestos teóricos configurados imaginariamente, los cuales son confeccionados al diseñar el experimento. La propuesta es que la configuración imaginaria de la realidad, su confección en el experimento y su materialización en los instrumentos, dio como resultado la creación de un aparato galvánico con un circuito cerrado de corriente. Esto lo llevó a la configuración imaginaria de lograr un efecto magnético por medio de la incandescencia de un alambre metálico.

Dicha configuración imaginaria guio a Ørsted en la confección de un experimento en el que colocó en cada uno de los extremos de un alambre metálico los alambres que estaban conectados a cada uno de los polos de su aparato galvánico. Ørsted buscaba que la descarga eléctrica de ambos polos del aparato produjera la incandescencia del alambre metálico y éste el efecto magnético. No fue entonces un descubrimiento, sino la creación artificial del fenómeno magnético por medio de la electricidad producida por su aparato galvánico, que en este artículo se plantea como una síntesis teórico-experimental expresada en su trabajo publicado en 1812.

Comentarios finales a manera de conclusión: la propuesta del primer bicentenario de Ørsted por su trabajo de 1812-1813 en física y química, sociología y metafísica

En el trabajo de 1812, Ørsted planteó la propuesta de la unificación de la química con el fin de darle el mismo estatus que tenía la física, propuesta que estaba inmersa en el movimiento social del romanticismo al interior de la Ilustración, que como se acaba de ver, también es vista como una

respuesta contestataria a la física newtoniana. Esta propuesta estaba inmersa en la metafísica idealista de la *naturphilosophie*, en el contexto del Reino de la Razón del Siglo de las Luces. Por lo tanto, como se plantea en el título, es un artículo que versa sobre física, química, sociología y metafísica en la experimentación indagatoria, para reivindicar a Ørsted en la mala interpretación de su trabajo de 1812. Esta mala interpretación se debe al desconocimiento de la física, la química, la sociología y la metafísica en la que estaba inmerso "[Su] Punto de vista acerca de las leyes químicas de la naturaleza" (*Ansichten der Chemischen Naturgesetze*).[52]

52 J. J. K., *op. cit.*

Se trata de una propuesta en la que se plantea la identidad de las fuerzas químicas y las eléctricas, como la unidad de las fuerzas del universo. Esta misma obra se publicó en francés en 1813 bajo el título *Recherches sur l'identité des forces chimiques et électriques*, de la cual deriva la visión generalizada de que se trata de una metafísica, en su sentido peyorativo y no de una obra científica. Este planteamiento dio origen a la versión que considera que el descubrimiento de Ørsted se debió, en un sentido claramente despectivo, a su misticismo científico-religioso derivado de la influencia de la *naturphilosophie*. En cambio, este artículo lo plantea como una síntesis teórica de su trabajo experimental de 1801 a 1810, que a su vez guió su trabajo del periodo de 1813 a 1820, en la que sometió a control experimental las especulaciones de Kant y Schelling. Esta propuesta está más vinculada con la visión del descubrimiento de Ørsted debido a su pensamiento metafísico-especulativo, con la diferencia que se ha venido señalando.

Bajo este planteamiento, hay un primer bicentenario al cual se hace referencia en este trabajo, que se celebrará en los años 2012 y 2013, debido a la publicación de la obra *Ansichten der Chemischen Naturgesetze* y su traducción al francés como *Recherches sur l'identité des forces chimiques et électriques*. El segundo bicentenario se celebrará en el año 2020, doscientos años después de la publicación de su mundialmente conocido trabajo acerca del descubrimiento del electromagnetismo: *Experimenta circa effectum conflictus electrici in acum magneticam*, publicado como facsímil el 21 de julio de 1820.

Este artículo se centró en mostrar cómo la convergencia de sus investigaciones acerca del proceso químico de la electricidad galvánica y el fenómeno físico de su conducción al interior de los cuerpos, llevó a Ørsted a plantear, en 1812, su punto de vista acerca de las leyes químicas de la naturaleza en identidad con los fenómenos físicos, que en 1813 se convirtió en la identidad de fuerzas químicas y las eléctricas con su traducción al francés. Para finalizar, en su trabajo de 1812, lo que hace Ørsted es desarrollar un modelo teórico de la unión de las fuerzas químicas en la pila voltaica, refiriéndose a las fuerzas eléctrica, magnética y el calor.

Agradecimientos

Artículo realizado durante la licencia con goce de sueldo otorgada por el Instituto Politécnico Nacional para estancia posdoctoral en el Instituto de Investigaciones Filosóficas de la UNAM, con el proyecto "Representaciones Cognitivas en Ciencia e Ingeniería", el cual se lleva a cabo en el marco del proyecto PAPIIT IN401611. En este marco se realizó una estancia de investigación en The City College of New York en vinculación con el Proyecto Multidisciplinario SIP 1346. Se agradece la participación de la estudiante de doctorado Carmen Patricia Rosas Colín y del estudiante de maestría Gerónimo Salomón Caballero Castellanos, tesistas del proyecto.

Artículo recibido: 23 de enero de 2013
Aceptado: 10 de mayo de 2013